

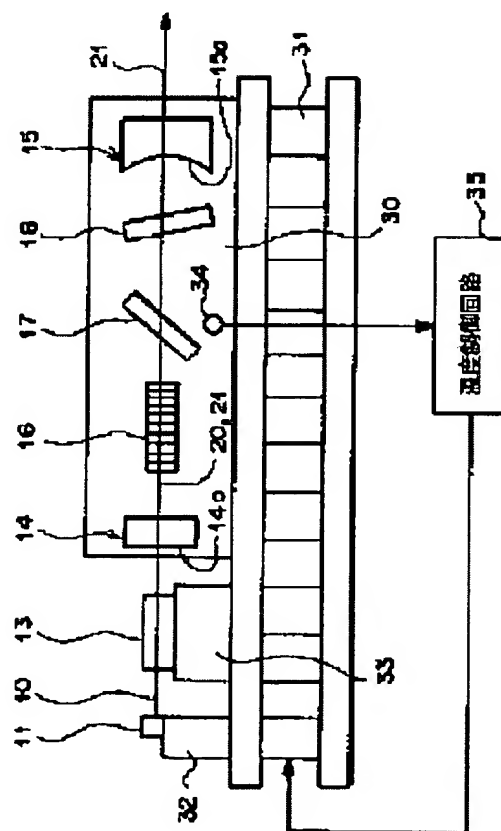
# SEMICONDUCTOR LASER EXCITATION SOLID LASER

**Patent number:** JP2000353842  
**Publication date:** 2000-12-19  
**Inventor:** OKAZAKI YOJI  
**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD  
**Classification:**  
 - international: **H01S3/094; H01S3/109; H01S5/125; H01S3/094; H01S3/109; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/109; H01S3/094; H01S5/125**  
 - european:  
**Application number:** JP19990163535 19990610  
**Priority number(s):** JP19990163535 19990610

Report a data error here

## Abstract of JP2000353842

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To raise freedom of selection by enabling both highly efficient laser oscillation and wavelength conversion by a simple constitution by using a semiconductor laser having a distributed Bragg reflection type or a distributed feedback type structure as a semiconductor laser excitation solid laser with an optical wavelength conversion element inside a resonator. **SOLUTION:** An optical wavelength conversion element 16 is a non-linear optical material, laser oscillation is generated by a resonator constituted of a rear edge face 14a of an Nd:YAG crystal 14, and a mirror surface 15a of a resonator mirror 15 and solid-state laser beam 20 is obtained. Since a distributed Bragg reflection type (DBR) or distributed feedback type (DFB) laser is used for excitation, conditions (temperature) for keeping conversion efficiency of an optical wavelength conversion element high do not affect an excitation DBR laser and a DFB laser by setting a cycle structure to fit to absorption peak wavelength of a solid laser medium. As a result, highly efficient laser oscillation and wavelength conversion can be realized.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-353842  
(P2000-353842A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 S	3/109	H 0 1 S	5 F 0 7 2
	3/094		S 5 F 0 7 3
	5/125	3/18	6 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-163535

(22) 出願日 平成11年6月10日 (1999. 6. 10)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

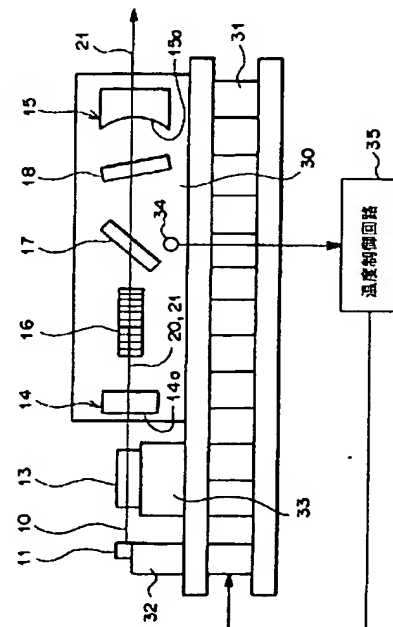
Fターム(参考) 5F072 AB02 AB20 KK01 KK08 KK12  
KK26 KK30 PP07 QQ02  
5F073 AA61 AA65 BA09 EA07 GA21  
GA38

(54) 【発明の名称】 半導体レーザー励起固体レーザー

(57) 【要約】

【課題】 共振器内に固体レーザービームを波長変換する光波長変換素子を備えた半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、簡単な構成によって高効率のレーザー発振および高効率の波長変換を両立させた上で、半導体レーザーの選択の自由度を高くして、装置のコストダウンを図る。

【解決手段】 共振器内に固体レーザービーム20を波長変換する光波長変換素子16を有する半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、励起用半導体レーザー11としてDBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 共振器内に固体レーザービームを波長変換する光波長変換素子を備えた半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、

励起用半導体レーザーとしてDBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーが用いられたことを特徴とする半導体レーザー励起固体レーザー。

【請求項2】 前記DBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーと前記共振器とが、共通の温度調節手段によって互いに等しい温度に温度調節されることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザー励起固体レーザー。

【請求項3】 前記DBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーとして、レーザー発光用および発振波長チューニング用の各電極を有する2電極タイプのものが用いられたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザー励起固体レーザー。

【請求項4】 前記DBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーとして、レーザー発光用、発振波長チューニング用および位相制御用の各電極を有する3電極タイプのものが用いられたことを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザー励起固体レーザー。

【請求項5】 前記DBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーが、ブロードエリア型半導体レーザーであることを特徴とする請求項1から4いずれか1項記載の半導体レーザー励起固体レーザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザー励起固体レーザーに関し、特に詳細には、発振した固体レーザービームを光波長変換素子により波長変換する半導体レーザー励起固体レーザーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば特開平7-302946号に示されるように、ネオジウム等の希土類が添加された固体レーザー媒質を半導体レーザー（レーザーダイオード）によってポンピングする半導体レーザー励起固体レーザーが公知となっている。この半導体レーザー励起固体レーザーにおいては、通常、半導体レーザーの発振波長を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長に正確に合わせるために、半導体レーザーを温度調節手段によって所定温度に制御するようにしている。

【0003】また、この種の半導体レーザー励起固体レーザーにおいては、上記特開平7-302946号にも示されている通り、共振器内に光波長変換素子を配して、発振した固体レーザービームを第2高調波等に波長変換（短波長化）することも広く行なわれている。

【0004】この波長変換機能を有する半導体レーザー励起固体レーザーにおいては、光波長変換素子を位相整合温度に保つ必要があるため、通常この光波長変換素子も、温度調節手段によって所定温度に制御される。なお

一般には、共振器長を所定値に保つために、光波長変換素子を含む共振器の部分が全体的に温度調節されるようになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したように半導体レーザーもまた光波長変換素子も温度調節する場合は、装置の低コスト化および小型化の上では、双方を共通の手段で温度調節するのが有利である。

【0006】しかし、そのようにする場合は、当然、半導体レーザーと光波長変換素子とが互いに等しい温度に制御されるから、半導体レーザーの制御温度（つまり、固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と同じ発振波長となる温度）と光波長変換素子の位相整合温度とが一致していないと、高効率のレーザー発振および高効率の波長変換を両立させることはできない。

【0007】このような事情から従来は、光波長変換素子の位相整合許容温度範囲に入る温度のとき所望波長で発振する半導体レーザーを選択したり、あるいはその逆に、半導体レーザーが所望波長で発振するときの温度に適合した位相整合温度を有する光波長変換素子を選択する等していた。

【0008】また、光波長変換素子の位相整合許容温度範囲を拡げるために、その素子長（結晶長）を例えば2mm程度と比較的短くすることもなされていた。

【0009】しかし、上述のように光波長変換素子あるいは半導体レーザーを厳しい条件の下に選択して使用すると、半導体レーザー励起固体レーザーのコストが高くなってしまふ。また、光波長変換素子の長さを短くすると、該素子と基本波である固体レーザービームとの相互作用長が短くなるので、波長変換効率が低下することになる。

【0010】さらに、特開平8-213686号に示されるように、励起用半導体レーザーの発振波長を調整、ロックして、この波長を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と一致させることも提案されている。しかしそのような従来装置においては、励起用半導体レーザーの発振波長を調整、ロックするために、複屈折フィルターを回転させる等の機構が必要で、また発振波長ロック用の別の共振器を構成する必要もあるので、構造が複雑化してコストが高くなり、機械的振動に弱いという問題も認められる。

【0011】そこで本発明は、発振した固体レーザービームを光波長変換素子により第2高調波等に波長変換する半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、簡単な構成によって高効率のレーザー発振および高効率の波長変換を両立させた上で、半導体レーザーの選択の自由度を高くして、装置のコストダウンを図ることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レー

ザー励起固体レーザーは、発振した固体レーザービームを波長変換する光波長変換素子を共振器内に備えてなる半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、励起用半導体レーザーとしてDBR (distributed Bragg reflector: 分布ブラッグ反射型) またはDFB (distributed feedback: 分布帰還型) 構造を有する半導体レーザーが用いられたことを特徴とするものである。なお以下においては、これら2タイプの半導体レーザーのうち前者をDBRレーザー、後者をDFBレーザーと称することとする。

【0013】上記の構成は、半導体レーザーと共振器とが、共通の温度調節手段によって互いに等しい温度に温度調節される場合に適用されると、より好ましい。

【0014】また上述のDBRまたはDFB構造を有する半導体レーザーとしては、基本的にレーザー発光用および発振波長チューニング用の2電極を有するものであればよいが、レーザー発光用、発振波長チューニング用および位相制御用の各電極を有する3電極タイプのものを適用するのがより望ましい。さらにこの半導体レーザーは、ブロードエリア型半導体レーザーであるのが望ましい。

【0015】

【発明の効果】DBRレーザーやDFBレーザーは、半導体レーザーに周期構造を付与することによって、発振波長を精密に制御可能としたものである。したがって、半導体レーザーの個体毎の波長ばらつきも $\pm 3 \text{ nm}$ から $\pm 1 \text{ nm}$ と小さくすることができ、固体レーザー媒質の吸収ピーク波長に合った波長で発振する励起源が実現される。

【0016】また、DBRレーザーやDFBレーザーでは、温度変化による発振波長の変動も小さくすることが可能である。これは、発振波長が周期構造によって制御されているため、温度変化によるバンドギャップの変化に伴う波長変動 (約 $0.3 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ ) は生じなくなり、温度変化による屈折率の変化に伴う波長変動 (約 $0.07 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ ) のみとなるためである。

【0017】さらに、駆動電流値変化による半導体レーザーの温度上昇に基づく発振波長変化も同様に小さくすることができる。

【0018】このようなDBRレーザーやDFBレーザーを励起用に用いた本発明の半導体レーザー励起固体レーザーにおいては、上記周期構造を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長に合うように設定しておけば、光波長変換素子の波長変換効率を高く保つための条件 (例えば前述の温度) が励起用DBRレーザーやDFBレーザーに影響を及ぼすことが少なくなる。また、励起用DBRレーザーやDFBレーザーの発振波長チューニング用電極に流す電流値を変えることにより、該レーザーの発振波長を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と完全に一致させることもできる。したがって本発明の半導体レーザー

励起固体レーザーにおいては、高効率のレーザー発振および高効率の波長変換を両立させることができる。

【0019】より具体的に、この励起用DBRレーザーやDFBレーザーと共振器とが、共通の温度調節手段によって互いに等しい温度に温度調節される場合について考える。この場合、高効率の波長変換を実現するために共振器温度つまり光波長変換素子の温度が位相整合温度に制御されて、励起用DBRレーザーやDFBレーザーが同じくその温度に設定されても、該レーザーの発振波長を上記の通りにして固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と一致させることができるから、高効率のレーザー発振が実現される。そしてこの場合は、励起用DBRレーザーやDFBレーザーと共振器とを共通の温度調節手段によって温度調節しているから、装置を小型かつ軽量に形成できるという効果も得られる。

【0020】また、DBRレーザーやDFBレーザーは周知のように発振線幅が例えば $0.1 \text{ nm}$ 程度と極めて狭いので、発振波長を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と厳密に一致させることができる。そこで、本発明の半導体レーザー励起固体レーザーでは、励起用レーザービームの固体レーザー媒質における吸収効率を著しく高くして高出力化を実現でき、また吸収が良いことからノイズも低減するようになる。

【0021】DBRレーザーやDFBレーザーとしては、レーザー発光用および発振波長チューニング用の各電極を有する2電極タイプのものと、レーザー発光用、発振波長チューニング用および位相制御用の各電極を有する3電極タイプのものが知られているが、本発明においてはそれらのいずれを用いることもできる。ただし、3電極タイプのものは位相制御が可能であることから、発振波長を連続的に滑らかに変えることができ、発振波長を固体レーザー媒質の吸収ピーク波長と正確に一致させる上でより有利である。

【0022】ところで、DBR領域を持たない通常のブロードエリア型半導体レーザーを半導体レーザー励起固体レーザーの励起源として用いることは、高出力化等の点で有利であるため、従来から考えられている。しかしその場合は、先に説明した発振波長のばらつき、それによる半導体レーザー選択に起因するコストアップ、波長変換効率の低下といった問題が特に起きやすくなっていた。

【0023】そこで、本発明の半導体レーザー励起固体レーザーにおいて、励起源としてDBR構造やDFB構造を有するブロードエリア型の半導体レーザーを用いると、当然上に説明した効果が全て得られるので、特に効果的である。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の第1の実施形態による半導体レーザー励起固体レーザーを示すものであ

る。この半導体レーザー励起固体レーザーは、励起光としてのレーザービーム10を発する半導体レーザー11と、発散光である上記レーザービーム10を集光する例えば屈折率分布型レンズからなる集光レンズ13と、ネオジウム(Nd)がドープされた固体レーザー媒質であるYAG結晶(以下、Nd:YAG結晶と称する)14と、このNd:YAG結晶14の前方側(図中右方側)に配された共振器ミラー15と、Nd:YAG結晶14と共振器ミラー15との間に配された光波長変換素子16、プリュスター板17およびエタロン18とを有している。

【0025】以上述べた要素14~18は、例えば銅からなる共通のマウント30に取り付けられ、このマウント30は温度調節手段を構成するペルチェ素子31の上に固定されている。また半導体レーザー11と集光レンズ13もそれぞれ銅等からなるマウント32、33に取り付けられ、これらのマウント32、33もペルチェ素子31の上に固定されている。そして、マウント30に取り付けられたサーミスタ34が出力する温度検出信号に基づいて温度制御回路35によりペルチェ素子31の駆動が制御されて、半導体レーザー11および固体レーザー共振器(後述のようにNd:YAG結晶14および共振器ミラー15によって構成される)内の要素が全て共通の所定温度に制御される。

【0026】光波長変換素子16は、非線形光学材料である、MgOがドープされたLiNbO<sub>3</sub>結晶に周期ドメイン反転構造が設けられてなるものである。プリュスター板17は偏光制御素子として作用し、またエタロン18は発振波長を単一化させる波長選択素子として作用する。

【0027】半導体レーザー11としては、発光幅100μm、出力3Wで、温度25℃のとき波長806nmで発振するブロードエリア型の2電極タイプDBRレーザーが用いられている。この半導体レーザー11は図2に概略構造を示す通り、活性層11aの近傍に回折格子11bが形成されてなるDBR領域を有し、この領域には発振波長チューニング用電極11cが設けられている。この半導体レーザー11は、基本的にレーザー発光用電極11dから注入される電流によって駆動するが、上記発振波長チューニング用電極11cから注入する電流の値を変化させることにより、その発振波長が変化する。

【0028】Nd:YAG結晶14は吸収ピーク波長が808nmのものであり、この波長(これについては後述する)のレーザービーム10によってネオジウムイオンが励起されることにより、波長946nmの光を発する。そしてNd:YAG結晶14の後方端面14aと共振器ミラー15のミラー面15aとで構成される共振器によりレーザー発振が引き起こされて、波長946nmの固体レーザービーム20が得られる。このレーザービーム20は光波長変換素子16に入射して、波長が1/2すなわち473nmの第2高調波21に変換される。

【0029】共振器ミラー15のミラー面15aには、励起

光であるレーザービーム10および固体レーザービーム20は高反射率で反射し、第2高調波21は一部透過させるコートが施されており、したがってこの共振器ミラー15からはほぼ第2高調波21のみが出射する。

【0030】ここで、本実施形態の半導体レーザー励起固体レーザーを上記のようにモジュール化する前に行なう調整について説明する。まず、上記半導体レーザー11とは別の調整用半導体レーザーを用意し、これによりNd:YAG結晶14を励起する。この調整用半導体レーザーは独自の温度調節手段によって発振波長が808nmに調整されたものであり、出力は半導体レーザー11と同様に3Wである。この際、最大の第2高調波出力が得られたのは、固体レーザー共振器の温度つまりサーミスタ34による検出温度が35℃のときであった。

【0031】そこで、ペルチェ素子31および温度制御回路35により共振器温度を35℃に制御する。そして、半導体レーザー励起固体レーザーをモジュール化するために、上記調整用半導体レーザーを半導体レーザー11に置き換えた。しかしこの半導体レーザー11は、温度が上述のように35℃のときは波長807nmで発振するので、そのままではNd:YAG結晶14を効率良く励起することができない。

【0032】そこで半導体レーザー11の発振波長チューニング用電極11c(図2参照)から注入する電流の値を変化させることにより、その発振波長を808nmに調整した。これにより、半導体レーザー11と共振器とを(つまり光波長変換素子16とを)共通のペルチェ素子31を用いて温度35℃に制御しても、固体レーザーの高効率発振と最大効率での波長変換とを両立させることができる。

【0033】また、DBRレーザーである半導体レーザー11の発振線幅は0.1nmと極めて狭いので、その発振波長をNd:YAG結晶14の吸収ピーク波長と厳密に一致させることができる。そこで、励起用レーザービーム10のNd:YAG結晶14における吸収効率を著しく高くして高出力化を実現でき、また吸収が良いことからノイズも低減するようになる。具体的には、半導体レーザー11の出力が前述のように3Wの場合に、最大1Wの第2高調波出力を得ることができた。

【0034】なお、以上の実施形態では励起用半導体レーザーとして2電極タイプのDBRレーザーが用いられているが、その代わりにDFBレーザーを用いてもよく、その場合も同様の効果を奏することができる。また2電極タイプのものに限らず、レーザー発光用、発振波長チューニング用および位相制御用の各電極を有する3電極タイプのDBRレーザーあるいはDFBレーザーが用いられてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による半導体レーザー励起固体レーザーを示す側面図

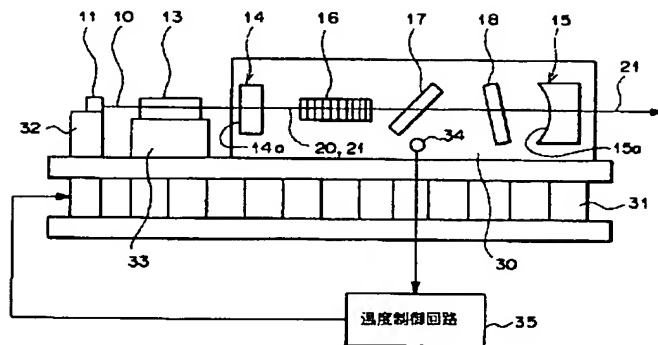
【図2】図1の半導体レーザー励起固体レーザーに用い

られた半導体レーザーの概略側面図

【符号の説明】

- |     |                   |          |                     |
|-----|-------------------|----------|---------------------|
| 10  | レーザービーム (励起光)     | 16       | 光波長変換素子             |
| 11  | 半導体レーザー (DBRレーザー) | 17       | ブリュスター板             |
| 11c | 発振波長チューニング用电極     | 18       | エタロン                |
| 11d | レーザー発光用电極         | 20       | レーザービーム (固体レーザービーム) |
| 13  | 集光レンズ             | 21       | 第2高調波               |
| 14  | Nd:YAG結晶          | 30、32、33 | マウント                |
| 15  | 共振器ミラー            | 31       | ペルチェ素子              |
|     |                   | 34       | サーミスタ               |
|     |                   | 35       | 温度制御回路              |

【図1】



【図2】

